



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the Heat and Electron Transport Properties of Tungsten Oxide Films with Various Atomic Arrangements [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	金, 高韻
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14725号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/83137
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Gowoon_Kim_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 金 高韻

審査担当者 主 査 教 授 葛西 誠也

副 査 特任教授 橋詰 保

副 査 教 授 忠永清治 (大学院工学研究院)

学位論文題名

Study on the Heat and Electron Transport Properties of Tungsten Oxide Films with Various Atomic Arrangements

(様々な原子配列を有する酸化タングステン薄膜の熱・電子輸送特性に関する研究)

Seebeck 効果により温度差を直接電気に変換することができる熱電変換は、未利用のまま捨てられている廃熱の再資源化で注目されている。効率の良い熱電変換を実現するためには、性能指数 ZT が大きな熱電変換材料が必要不可欠である。材料の ZT を高めるためには、高導電率、高熱電能、低熱伝導率を同時に実現する必要がある。しかし、これら 3 つのパラメータ間には、キャリア濃度に関してトレードオフの関係があるため、一般的なキャリアドーピングを行った場合、 ZT は材料の固有値以上にはならない。この問題を解決するためには、熱伝導に寄与する量子化された格子振動 (フォノン) の平均自由工程と、電気伝導に寄与する電子の平均自由工程の違いを利用して、電子は散乱しないが、フォノンは散乱するサイズの欠陥を導入すれば良い。本研究では、モデルとして酸化タングステン (WO_x) を選択し、様々な原子配列を有する薄膜を作製することで、その熱・電子輸送特性と原子配列の関係を調べている。 WO_x をモデル材料として選択した理由は下記のとおりである。理由 1: 酸素欠陥の導入によりキャリア濃度を増加させ、導電率を高めることができる。理由 2: WO_x の多様な結晶構造。 WO_x には、歪んだ ReO_3 構造 (単斜晶)、マグネリ相 ($x = 2.9$ 、 2.82 、および 2.72)、準安定六方晶 WO_3 などが知られており、特殊な一次元原子欠陥トンネルによるフォノン散乱が期待できる。また、アモルファス構造の作製も可能である。理由 3: $\text{W } 5d$ 軌道同士の間隔が小さく、結合角が変動した場合でも高導電率を維持できる。以上の背景から、本研究では、様々な原子配列を有する酸化タングステン薄膜の熱・電子輸送特性を明らかにし、熱電変換材料の開発に貢献することを目的としている。

第 1 章では、上記の研究背景ならびに目的を明示した。

第 2 章では、本研究を遂行する上で必要な実験装置について述べている。

第 3 章では、様々な酸素濃度のアモルファス WO_x 薄膜を作製し、その電氣的、光学的、熱的特性を系統的に調べている。酸素組成 x の減少に伴い、キャリア電子濃度が増加するため、光透過率、電気抵抗率がともに減少したが、熱伝導率は常に低いことを明らかにしている。

第 4 章では、一次元原子欠陥トンネルを有する WO_x エピタキシャル薄膜の低熱伝導率と高導電率の共存について述べている。一次元原子欠陥トンネル密度の増加に伴い、熱伝導率は劇的に減少し、逆に導電率は劇的に増加した。熱電変換材料に欠かせない高導電率と低熱伝導率が共存することを明らかにしている。

第 5 章では、一次元原子欠陥トンネル構造を有する WO_x エピタキシャル薄膜では、トンネルに

沿った方向の導電率が、トンネルに直交する方向の 5 倍であることから、一次元原子欠陥トンネルを導入することで、導電率にも異方性が現れると述べている。

第 6 章では、(111) YSZ 単結晶基板上に六方晶 WO_x エピタキシャル薄膜を作製し、電気化学的に繰り返し酸化・還元反応を行うことで、光・電気特性を可逆的に制御できたと述べている。また、一次元トンネルの配向方向の違いにより、 WO_x エピタキシャル薄膜の熱伝導率には異方性があると述べている。

第 7 章では、学位論文を総括している。

これを要するに、著者は、様々な原子配列を有する酸化タングステン薄膜の熱・電子輸送特性を明らかにし、熱電変換材料の開発に対する貢献大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。